

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**O PIONEIRISMO DOS ESTADOS UNIDOS NA
TECNOLOGIA DE EXPLORAÇÃO DO GÁS NÃO
CONVENCIONAL E OS DEBATES ASSOCIADOS**

DALÍSIA CRISTINA DOS SANTOS DUARTE

Matrícula nº 107385567

ORIENTADOR: Prof. Ronaldo Bicalho

MARÇO 2015

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade da autora.

AGRADECIMENTOS

Tentei inúmeras vezes fugir do clichê “obrigado por tudo”. Porém, ao que parece, não foi possível.

Dedico este trabalho à minha mãe e minha família. Sem estes, certamente, não teria alcançado o sucesso de hoje. Obrigada pelos valores tão exaustivamente passados, pela minha educação e por acreditarem sempre em mim.

Agradeço também àquelas pessoas que se juntaram a mim nessa jornada, tornando os anos de faculdade inesquecíveis: Joana Meirelles, Rafaela Portela, Isabela Barbosa, Débora Melquiades, Laura Donati, Diego Pacheco e Pedro Henrique Vianna. Saibam que me orgulho muito da amizade de vocês.

À Fernanda Bornéo agradeço a parceria dos períodos finais, e à Lauria Protásio por toda fé que sempre depositou em mim, principalmente nos momentos em que a minha já faltava. Agradeço também à Luisa Leão e Luiza Gouveia pelo incentivo mútuo dos últimos meses e pela reclusão em Itaipava.

Por fim, agradeço especialmente à Tatiana Acar, minha maior incentivadora neste trabalho. Obrigada por me ouvir, orientar, acalmar, revisar e corrigir. E, sobretudo, obrigada pela paciência e amizade.

RESUMO

O presente trabalho visa traçar a trajetória percorrida pelos Estados Unidos até tornar-se a nação pioneira na tecnologia de exploração de gás não convencional.

Além disso, são abordados os debates sociais, econômicos e ambientais que hoje estão no cerne da discussão sobre o futuro da exploração e produção do *shale gas*. Nesse sentido, serão explorados os diferenciais que viabilizaram tal mudança com vistas a concluir se é possível aplicar o modelo de sucesso americano em outros países com vasta reserva comprovada.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	5
II. CARACTERÍSTICAS E DEFINIÇÕES, HISTÓRIA DA RELAÇÃO DOS ESTADOS UNIDOS COM CONSUMO ENERGÉTICO E OS FATORES QUE VIABILIZARAM A PRODUÇÃO	6
II.1: Definições e características iniciais do gás natural	6
II.2: História da relação dos Estados Unidos com a indústria de energia	8
II.3: Ações e aspectos que alicerçaram o pioneirismo americano.....	10
III. O <i>UPSTREAM</i> E <i>DOWNSTREAM</i> DA INDÚSTRIA DO GÁS NATURAL, PASSANDO PELA TECNOLOGIA ESPECIAL PARA GÁS NÃO CONVENCIONAL, OS IMPACTOS NO MERCADO, OS RISCOS ASSOCIADOS E O POSICIONAMENTO DO GOVERNO	14
III.1: A tecnologia em si e as etapas de produção	14
III.2: Precificação	18
III.3: Riscos Envolvidos e a Questão Ambiental	21
III.4: O posicionamento das Instituições	28
IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
VI. APÊNDICE	38

I. INTRODUÇÃO

“The shale gas revolution” ou a revolução do gás de folhelho, em português, tem sido uma das expressões mais utilizadas na imprensa americana nos últimos anos. Tem-se afirmado que esse resíduo fóssil, encontrado em rochas com reduzida permeabilidade e porosidade, extraído de depósitos de folhelho, é o grande responsável pela alavancagem da até então adormecida indústria dos Estados Unidos, dando ao país a possibilidade de reformular a sua matriz energética, podendo reduzir ou até mesmo zerar a sua dependência de energia do resto do mundo.

O objetivo desse trabalho é entender como os Estados Unidos atingiram o pioneirismo mundial da industrialização do *shale gas* a partir de reservas inicialmente inviáveis economicamente. Nesse sentido serão abordados os fatores que alicerçaram o *boom* da indústria, a tecnologia que “criou” uma nova fonte de energia, os riscos associados a sua utilização e a regulação em torno desta atividade.

O primeiro capítulo, seção II.1 tem o objetivo de explicar a formação do gás de folhelho. Na seção II.2 são mostrados os primeiros aspectos da indústria energética dos Estados Unidos, nível de preços e oferta, e a relação de dependência externa. Já na seção II.3 são apresentados os diferenciais históricos, sociais, econômicos e tecnológicos que juntos conduziram os americanos à viabilidade econômica da extração do *shale gas*.

O segundo capítulo, seção III.1 trata da cadeia produtiva, explicando a perfuração horizontal e fratura hidráulica. A seção III.2 aborda a precificação e nova posição do mercado. No item III.3 são elucidados os riscos inerentes à produção, com ênfase ao risco ambiental, maior motivo de questionamento por parte da sociedade. Por fim na seção III.4 é apresentada a opinião das instituições americanas, e como este vem tratando principalmente do debate ambiental.

Por último, são sumariadas as considerações finais deste trabalho.

II. CARACTERÍSTICAS E DEFINIÇÕES, HISTÓRIA DA RELAÇÃO DOS ESTADOS UNIDOS COM CONSUMO ENERGÉTICO E OS FATORES QUE VIABILIZARAM A PRODUÇÃO

II.1: Definições e características iniciais do gás natural

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos formados a partir da decomposição anaeróbica de matéria orgânica ao longo de milhões de anos que, em condições específicas de pressão e temperatura, sofreram reações químicas transformando-se em petróleo e gás natural. Este, por sua vez, possui densidade menor do que o petróleo e por isso tende a mover-se por entre a porosidade das rochas de forma vertical ou horizontal até que encontre uma rocha impermeável que impeça o seu percurso, mantendo o gás ali abrigado. Diante disto, pode ser encontrado associado ou não ao petróleo. Sua exploração, portanto, quando associado, está diretamente relacionada à estratégia de exploração do petróleo bruto. Já no caso de reservas não associadas, o nível de exploração estará relacionado quase sempre ao nível de preços do gás e à capacidade de escoamento aos mercados consumidores.

Outra importante diferenciação refere-se à formação geológica da rocha. Nesse caso, o gás natural pode ser classificado em gás convencional quando a rocha em que é encontrado possui maior porosidade e permeabilidade, permitindo com isto, uma maior conexão entre elas, formando um caminho no qual é mais fácil realizar a extração do gás. Já na formação não convencional, o menor grau de porosidade e permeabilidade da rocha faz com que a sua extração não seja tão simples, uma vez que é necessário implodir a rocha para retirar o gás.

“Os recursos de gás convencionais referem-se às acumulações de gás em rochas reservatórios, de elevada porosidade e permeabilidade com a presença de ‘armadilhas’ estruturais e estratigráficas. Em contraponto, os recursos não convencionais são aqueles cuja formação dos reservatórios independe de armadilhas estratigráficas”.

(ALMEIDA & FERRARO, 2013)

Atualmente o conceito de gás convencional refere-se principalmente ao *shale gas* (ou gás de folhelho, em português), mas também são encontrados: *deep gas* alocado em reservatórios de grande profundidade; *tight gas* em formações de baixa

permeabilidade, *coalbed methane* (gás de carvão) e *methane hydrates* (hidratos de metano).

Deste modo, é possível afirmar que o *shale gas* é um tipo de gás não convencional extraído de depósitos de folhelho – uma rocha sedimentar formada a partir da lama existente em águas rasas – definido pela sua localização entre formações rochosas de menor porosidade, relativamente mais profundo, quando comparado ao gás convencional e petróleo, podendo ser explorado *onshore* ou *offshore*.

Embora haja uma quantidade considerável de recursos não convencionais disponíveis, não necessariamente há facilidade geológica para a sua exploração. Econômica e socialmente, existe uma série de fatores ao redor do mundo que dificultam a produção do *shale gas*, como por exemplo, os altos custos de produção que justifiquem os esforços, aliado ao tempo de recuperação do investimento, e ainda os possíveis danos ao meio ambiente.

Na contramão desta tendência, na qualidade de segundo maior¹ detentor das reservas de *shale gas* no mundo e segundo do ranking mundial de consumo energético em 2013 (Enerdata Global Energy Intelligence, 2014), os Estados Unidos, hoje, se destacam como o player mundial de exploração e produção do gás de folhelho.

O consumo de gás nos Estados Unidos teve início nos últimos anos do século XVIII, no entanto como um manufaturado do carvão, basicamente para iluminação pública. Já em 1816 foi criada a primeira empresa de gás americana, a Light Company of Baltimore, de capital privado. Contudo, em meados do século XIX, o controle desse serviço, e consequentemente sua exploração, começa a mudar de mãos, à medida que as prefeituras iniciam o processo de compra dessas empresas.

Contudo, a primeira jazida de gás natural nos Estados Unidos só foi descoberta, por acidente, cinco anos mais tarde, mas não necessariamente aí teve início a sua produção. A indústria do gás natural deu seus primeiros passos ao fim do século XIX, à medida que eram encontradas jazidas próximas aos mercados consumidores. Nesse contexto, quando descobertas, atraíam industriais e consumidores para essa região atrás dos baixos preços do gás. A fragilidade da tecnologia de exploração e transporte gerava desperdícios incalculáveis, levando a um rápido esgotamento do gás natural. Com isso,

¹ Segundo estimativas, os Estados Unidos possui a segunda maior reserva de gás não convencional, com 24,40 trilhões de m³, perdendo apenas para a China, com 36,10 trilhões de m³ em reservas de gás de folhelho. Em terceiro lugar figura a Argentina com 21,91 trilhões de m³.

as empresas faliam ou migravam depois de ter exaurido essas reservas, enfraquecendo toda a cadeia associada a sua exploração.

A partir de meados do século XX, a abundância do gás, o desenvolvimento de tecnologias de transporte e um mercado consumidor estabelecido fomentaram o crescimento da indústria do gás natural. No entanto, a dinâmica de evolução dessa indústria esteve quase sempre associada à do petróleo até a década de 70, quando ocorreram os choques na oferta deste, forçando os países dependentes do “ouro negro” a reorientarem suas políticas energéticas.

O status do comércio mundial de energia a partir da segunda metade do século XX baseava-se em um controle quase exclusivo dos países integrantes da OPEP² (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), determinando o nível de preços através de suas reservas. Contudo, uma mudança significativa torna-se possível a partir da descoberta da possibilidade de operar, em diversas regiões, com grandes reservas de gás não convencional, que até então não seriam passíveis de exploração. Nesse quadro, países que inicialmente eram grandes importadores de energia, podem passar a vislumbrar um horizonte de autossuficiência – ou até mesmo de exportação – podendo, inclusive, redesenhar o cenário geopolítico mundial.

Nesse contexto, é possível notar o avanço dos Estados Unidos frente a outras nações também ricas em reservas de gás não convencional. O *shale gas*, ou gás de folhelho, tem sido o grande ator desse reposicionamento da matriz energética nacional, tendo, a nova produção, contribuído para a redução dos preços do gás americano, e incentivado indústrias intensivas em energia, que têm o gás como matéria prima.

E os primeiros anos dessa mudança estrutural já garantem aos Estados Unidos, a liderança mundial da exploração e produção do *shale gas*. A produção nacional de 2005 a 2010 aumentou em 45% a.a, quando atingiu 141 milhões de m³ produzidos. (LAGE, PROCESSI, SOUZA, DORES, & GALOPPI, 2013)

II.2: História da relação dos Estados Unidos com a indústria de energia

Para analisarmos a trajetória, é importante entendermos a dinâmica por trás da formação dos preços a nível mundial.

² Organização criada em 1967, tem como membros atuais na África: Angola, Argélia, Líbia e Nigéria; na América do Sul: Equador e Venezuela; e no Oriente Médio: Arábia Saudita, Emirados Árabes, Irã, Iraque, Kuwait e Catar.

Historicamente, o petróleo tem sido a fonte de energia mais utilizada para diversas atividades centrais no sistema econômico mundial. Fonte não renovável de energia, suas maiores reservas concentram-se até hoje nas mãos do pequeno grupo de países que formam a OPEP. E a evolução dos preços de petróleo está relacionada em grande parte à capacidade de oferta destes que, se utilizam de sua capacidade ociosa para determinar o volume disponível no mercado, atendendo, ou não, às pressões da demanda³.

Figura 1- Evolução do Preço do barril. Preço, tipo Brent, em US\$/barril (valor nominal)



Fontes: BP, AIE

Desde o primeiro choque do petróleo em 1973, e em seguida, no segundo em 1979, quando a OPEP em retaliação ao Ocidente, extrapolou o preço da commodity, ficou claro ao mundo a vulnerabilidade que era mantida em relação ao petróleo árabe e o risco à segurança energética mundial. E ainda, mais evidente a necessidade de se obter fontes diversificáveis de oferta, seja de produtores, seja de produtos. Ademais, a OPEP não tem realizado investimentos que mostrem seu interesse em ampliar sua capacidade produtiva, tornando os preços muito mais voláteis, sujeitos a um choque de demanda,

³ É válido lembrar que a precificação nesse mercado não segue simplesmente a relação oferta x demanda. Os custos de produção são em boa parte determinantes do nível de preços. Com isso, podemos afirmar que a relação oferta x demanda determina a tendência dos preços (crescimento econômico, aumento da população, enriquecimento de nações, etc), enquanto os custos de produção vigentes vão oscilar em torno dessa tendência.

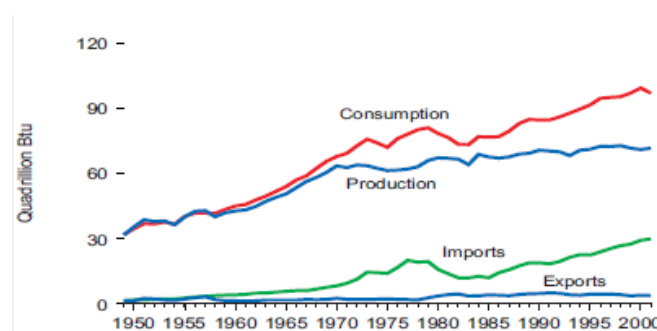
esta que vem certamente aumentando. ((EIA), Annual Energy Outlook 2014 with projections to 2040, 2014)

A manutenção do preço do barril a altos níveis historicamente possibilitou aos Estados Unidos o incremento da exploração do gás não convencional, na medida em que, por se tratar de um tipo de exploração mais difícil, e consequentemente mais cara, o preço do gás natural não convencional estaria em um patamar extremamente superior ao preço da energia mundial; ou seja, o preço do óleo deveria estar acima do custo de produção do *shale gas* no território americano.

Portanto, dado o trauma da década de 70, desde esse período o governo americano vem envidando mais esforços na tentativa de desenvolver tecnologias para extração do gás não convencional. Esse apoio sem dúvida foi um dos alicerces do que, talvez, em algum tempo, possa ser possível chamar de reposicionamento da oferta de energia mundial, uma vez que, confirmada a perspectiva de abundância de gás natural economicamente viável fora da OPEP, reduz-se drasticamente a dependência desta e consequentemente o poder de barganha dos maiores detentores de riqueza energética.

Através do gráfico abaixo, podemos observar que a partir da década de sessenta, os Estados Unidos começam a demandar mais energia do que são capazes de suprir. Com isso, para zerar esse descolamento a demanda passa a ser suprida pelas importações. Em 2001, por exemplo, as importações líquidas correspondiam a 27 por cento de toda energia consumida. ((EIA), Annual Energy Review, 2002)

Figura 2 - Panorama de Consumo e Produção de energia nos EUA



Fonte: EIA

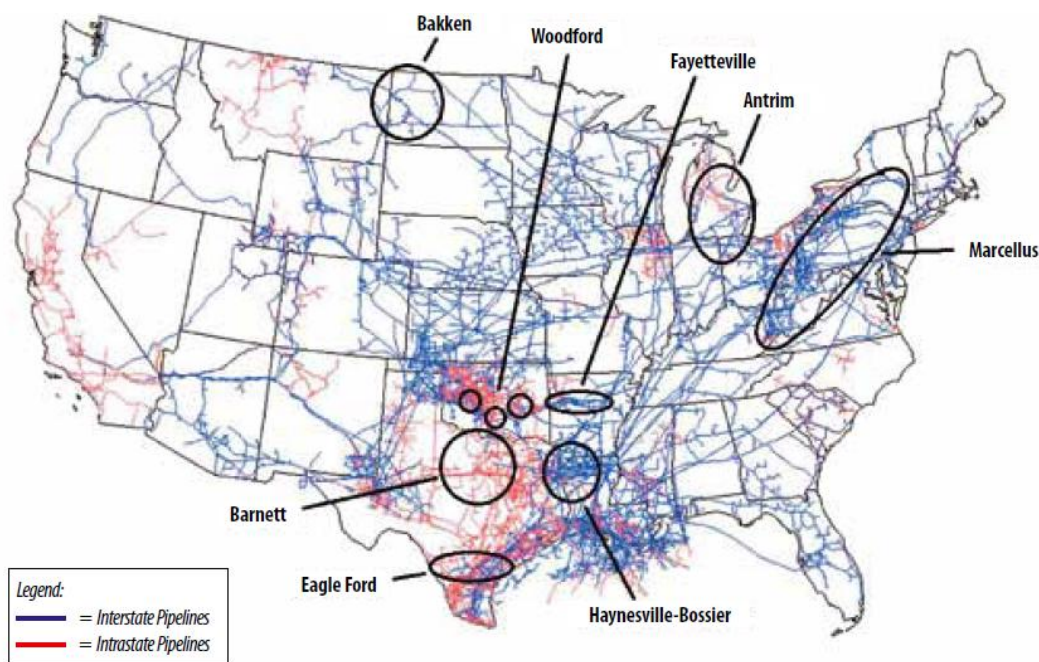
II.3: Ações e aspectos que alicerçaram o pioneirismo americano

A necessidade de aumentar o suprimento de energia de modo a garantir a autossuficiência do país, e o elevado nível de preços do barril de petróleo conduziram os Estados Unidos à dianteira da corrida de independência energética da OPEP,

redeterminando ao longo dos últimos dez anos a sua matriz energética. Soma-se a isso uma lista de fatores que apontam porque os americanos foram os primeiros a “industrializarem” a produção do *shale gas*.

Conforme já visto, o início da exploração, do gás natural nos Estados Unidos ocorre ao final do século XIX, ainda que de forma mais rudimentar. Para que a produção – por mais simples que fosse – pudesse escoar até os mercados consumidores, malhas de transporte tiveram que ser criadas (nos primeiros anos o gás natural foi distribuído em gasodutos de madeira). Com isso, a estrutura de escoamento foi aprimorada ao longo de mais de cem anos, o que hoje garante aos Estados Unidos a maior malha de gasodutos, com uma extensão de 485 mil quilômetros (RITTNER, 2014), tornando a rede americana a mais integralizada do mundo.

Figura 3 - Mapa de Gasodutos dos Estados Unidos



Fonte: EIA/DOE

Além disso, depois de mais um século de atividade na indústria do gás natural, os americanos também se destacam pelo *know-how* adquirido. Logo, se estabeleceram nesse setor muitas empresas de grande porte, acompanhadas de uma infinidade de empresas independentes tornando a sua indústria do óleo e gás a mais desenvolvida do mundo⁴. Hoje, portanto, existem diversas empresas americanas com bilhões em valor de mercado especialistas em *shale gas*. Tanto tempo e experiência culminaram em um alto

⁴ Os Estados Unidos possui o maior número de empresas no ramo: aproximadamente dez mil. (ALMEIDA E. , 2014)

conhecimento geológico das reservas do país. Contudo, é claro, antes de ter atingindo a marca de cinco milhões de poços *on shore*, centenas de poços foram abertos para se descobrir que não seriam economicamente viáveis. (ALMEIDA E. , 2014)

Os Estados Unidos também se destacam pela facilidade de acesso às áreas de produção e exploração. Uma vez que o proprietário do solo não é o governo (na maior parte dos casos), quando se identifica uma reserva, é mais simples explorá-la. A negociação feita com uma instituição privada ocorre de maneira mais ágil e menos burocrática (dispensa a licitação para uso da terra). O baixo nível de burocracia – pelo menos quando comparada com outros países – associada a uma regulação leve por parte do governo impulsionam o volume de atividade (por exemplo, o Texas permitiu em 2011 a exploração de vinte mil e quinhentos poços. Isso representa o total explorado até hoje no Brasil).

Outro ponto que mostra o porquê dos Estados Unidos estarem a caminho de alcançarem sua independência energética é o fato de que, ainda em 1954, foi aprovada uma lei de incentivo fiscal para empresas de óleo e gás, as quais poderiam deduzir do imposto de renda os gastos com desenvolvimento e exploração (chamados custos intangíveis). Um bom exemplo é o caso da Chesapeake Energy Corp, “umas das principais empresas do setor, que apurou lucro antes do imposto de renda de US\$ 5,5 bilhões e pagou apenas US\$ 53 milhões de imposto de renda no mesmo período. Caso não houvesse esse incentivo, a empresa teria pagado cerca de US\$ 1,9 bilhão [Bloomberg (2012)]”.

Já em 1980, o Congresso criou um segundo incentivo à produção do gás não convencional, no qual concedia US\$ 0,50 por metro cúbico produzido. Este incentivo permaneceu vigente até 2002, período em que a produção quadruplicou. (LAGE, PROCESSI, SOUZA, DORES, & GALOPPI, 2013)

Tais medidas fizeram efeito gerando alguns marcos tecnológicos de extrema importância nos últimos quarenta anos. Além de projetos de parceria entre empresas privadas de “*oil & gas*”, com universidades que iniciaram protótipos nos campos do Leste dos Estados Unidos, foi registrada a primeira patente de perfuração horizontal pelos engenheiros do National Energy Technology Laboratory (NETL), o que futuramente possibilitaria o sistema de extração multidirecional. Também em parceria da General Eletrics com o Department of Energy foram desenvolvidas brocas feitas a partir de diamante, mais resistentes para perfuração. Tecnologias de imagem também

foram desenvolvidas para mapear as fraturas e a distribuição irregular dos depósitos de gás.

A sofisticação do mercado financeiro americano é mais um aspecto diferenciado dos Estados Unidos. Essa é uma importantíssima fonte de financiamento. O fluxo de capitais do mercado financeiro americano com a presença de diversas instituições financeiras operando com *venture capital* e *private equity* garantem uma variedade de fontes de *funding*. Não é o caso da Argentina, por exemplo.

Portanto, diversos fatores trouxeram os Estados Unidos até o presente momento do *shale gas*, desde características ambientais (necessidade de reduzir o nível de emissões de gases poluentes) até características geológicas (localização das reservas próximas às áreas de escoamento já existentes) passando principalmente por um combinado de desenvolvimentos tecnológicos em larga escala.

III. O *UPSTREAM* E *DOWNSTREAM* DA INDÚSTRIA DO GÁS NATURAL, PASSANDO PELA TECNOLOGIA ESPECIAL PARA GÁS NÃO CONVENCIONAL, OS IMPACTOS NO MERCADO, OS RISCOS ASSOCIADOS E O POSICIONAMENTO DO GOVERNO

III.1: A tecnologia em si e as etapas de produção

Conforme já visto, a tecnologia inicial de exploração era extremamente rudimentar, utilizando técnicas simples de perfuração de áreas de onde o gás já fluía naturalmente, associado a um considerável desperdício. Diante disto, era imperativo o desenvolvimento de uma dinâmica que tornasse possível a “industrialização” das etapas. Desde a sua descoberta, as técnicas de exploração e produção sofreram diversas mudanças positivas, o que culminou na viabilização econômica do gás não convencional. Sendo assim, o maior desafio deste, recentemente, esteve relacionado, quase sempre, à capacidade tecnológica de tornar sua exploração economicamente viável, uma vez que os seus depósitos já foram identificados, não existindo em grandes proporções descoberta de novas reservas de *shale gas*.

Assim como na indústria do petróleo, as etapas, que vão da exploração ao consumo, são divididas em duas: *upstream* e *downstream*.

A cadeia se inicia no *upstream*, cujo primeiro passo é a exploração. Nesta, as reservas são estudadas visando determinar sua viabilidade econômica, de modo que os esforços iniciais se voltam quase que exclusivamente para a capacidade de identificar mais do que a existência do gás natural em si; visam principalmente identificar se o volume a ser produzido será capaz de justificar os altos investimentos envolvidos. Esse período pode levar de 2 a 5 anos, dependendo da área de exploração (*onshore* ou *offshore*) e conhecimento geológico, até que seja possível dar prosseguimento ao projeto, ou se encerre a sua exploração. (ALMEIDA & FERRARO, 2013)

Nesse sentido, existem três óticas para realização dessa análise: geológica, geoquímica e geofísica. Na técnica geológica são analisadas as formações rochosas através de mapas topográficos, com vistas a identificar se nessas, seria possível a geração, acúmulo e migração de hidrocarbonetos. Já na análise geoquímica, o estudo do solo e recursos hídricos vizinhos a um possível campo de exploração pode identificar se houve algum “vazamento” de hidrocarboneto, ainda que em baixas quantidades. Por fim, na análise geofísica, o interior das formações rochosas é mapeado através de

reconstrução 3D e ondas sonoras a fim de identificar a largura e a profundidade da rocha de folhelho, estudando os movimentos sísmicos do solo, buscando formações rochosas capazes de armazenar hidrocarbonetos. Cabe ressaltar que uma parte considerável do avanço tecnológico da exploração do gás natural, está relacionada à evolução das técnicas de análise sísmica do solo.

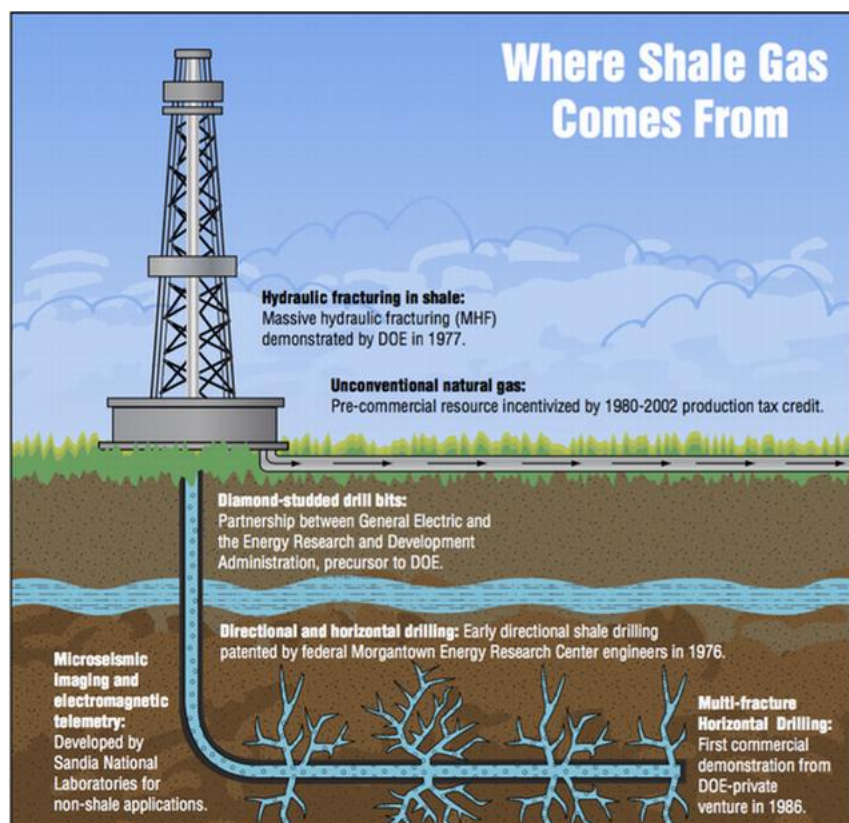
Uma vez constatado que a reserva de gás é viável economicamente, iniciam-se os trabalhos de perfuração, cimentação, completação e instalação dos canais de escoamento da produção a fim de desenvolver a planta de exploração, que já está com a infraestrutura pronta (terreno nivelado, equipamentos instalados, e com a logística de transporte preparada). Em média, doze poços são cavados verticalmente e cimentados em direção à rocha com até 3,6 km de profundidade. Cabe ressaltar que nesta etapa a exploração do gás não convencional diferencia-se do convencional pelo espaçamento dos poços entre si, com enormes espaços geográficos. De acordo com MIT (2011) “essa característica do gás de folhelho reduz significativamente seu risco exploratório”. Anteriormente, a partir da etapa acima de perfuração vertical, o gás natural extraído prosseguia para as plantas de processamento.

Contudo, é na próxima etapa que consiste o grande diferencial adquirido pelos americanos. A busca ao longo dos anos pelo desenvolvimento tecnológico traz seu primeiro resultado prático com a perfuração horizontal, a partir da patente registrada pelos engenheiros da (NETL). Apenas com a perfuração vertical, eram cavados poços em excesso, uma vez que não existia mobilidade dos equipamentos de extração no subsolo. Através da nova técnica, diversas seções horizontais são perfuradas em todas as direções, a partir dos 3,6 km de profundidade, maximizando a área de alcance de um único poço. *Flowlines* são introduzidos horizontalmente, em diversos sentidos com até 1,2 km de extensão. Para identificar as áreas de gás natural e não sair da reserva, sensores de gás identificam a presença de hidrocarbonetos que guiam a escavação.

Tendo em vista que as rochas de folhelho possuem menor porosidade, fica evidente a dificuldade de penetrá-las para extrair o gás. Na medida em que, a capa de concreto do revestimento da seção horizontal é perfurada com explosões de uma mistura de água, areia e componentes químicos a alta pressão de 5.000 *psi*, cria-se um caminho para a passagem do gás não convencional. Este processo, chamado de fratura hidráulica (ou *fracking*, em inglês), combinado com a perfuração horizontal são os grandes responsáveis pelo atual nível de produção do *shale gas*, viabilizando a exploração de reservas antes inativas, e consequentemente queda no preço do gás natural americano.

Normalmente, a partir das perfurações vertical e horizontal, a própria pressão do gás é capaz de impulsioná-lo até a superfície. No topo do poço, válvulas (denominadas árvore de natal) controlam o fluxo de produção do gás e o introduzem nos canais de escoamento que transportam o gás natural até as plantas de tratamento.

Figura 4 - Campo de produção de *shale gas*



Fonte: Earth's Energy

Uma vez na UPGN (Unidade de Processamento de Gás Natural), o gás natural bruto é tratado separando-o dos elementos contaminantes (gás sulfídrico, por exemplo) – processo chamado de secagem do gás – que reduzem o poder calorífico do gás e danificam os gasodutos; dos hidrocarbonetos pesados de alto valor comercial (butano e propano, por exemplo); e de parte da água que, dado a baixa temperatura, em determinadas distâncias pode formar cristais de gelo dentro da tubulação. Cerca de 92% do gás natural que entra na UPGN saem para a malha de transporte. Dos 8% restantes, parte é perdida no processo e parte é aproveitada em outras cadeias de subprodutos. Enfim tratado, o chamado gás natural seco, este é despejado nos gasodutos.

Já nas etapas de *downstream*, estão o transporte e por fim o consumo. O transporte do gás seco até os consumidores finais é a etapa de maior custo, portanto um

dos maiores desafios da indústria do gás natural, considerando-se que este, em estado gasoso, ocupa um volume mil vezes maior, em capacidade energética, do que o petróleo, seu concorrente mais próximo. Visando a melhor forma de fazê-lo, existem três tecnologias a disposição: transporte por gasodutos, transporte do gás natural comprimido e transporte do gás natural liquefeito.

i. Transporte por dutos: é feito através da construção de dutos da “produção” até o consumidor final. Possuem um alto custo para aquisição dos tubos, montagem, escavação, e ainda a desapropriação das áreas por onde passarão os gasodutos. Com isso, é possível verificar que economias de escala se fazem necessárias e que, portanto, quanto maior a capacidade de transporte, menor será o custo médio deste. Além disso, exigem uma integração espacial bastante engessada.

ii. Transporte de gás natural comprimido: neste caso, o gás tem seu volume reduzido através da compressão. Depois deste processo, o gás é armazenado em cilindros para o transporte propriamente dito, que finalmente são descarregados através da transferência do gás para o ponto de estocagem ou gasoduto com pressão inferior a do cilindro. A rede americana já instalada ao longo dos anos, conforme já visto, permite aos Estados Unidos, a dianteira na distribuição de gás.

iii. Transporte de gás natural liquefeito: nesta, ocorre a transformação do estado físico do gás para líquido através do resfriamento a baixíssimas temperaturas, o que permite a redução do volume de capacidade energética em 610 vezes. Diferentemente das opções acima, possui uma cadeia produtiva onde os custos de capital, operação e estocagem associados à produção do GNL são altíssimos e, além disso, somam perdas no processo da ordem de 10% a 15% (versus perda de aproximadamente 1% via gasodutos). De modo que será uma alternativa economicamente viável somente em lugares onde gasodutos não são possíveis, ainda assim explorando ao máximo as economias de escala principalmente nos segmentos de liquefação e transporte.

A cadeia produtiva do GNL tem início nas plantas de liquefação, onde é recebido o gás proveniente da malha de transporte, ou do campo de produção. Antes de passarem pelo processo de liquefação propriamente dito, o gás recebe um tratamento adicional, a fim de gerar um maior grau de pureza necessário para o processo. Uma vez tratado, o gás é resfriado a -161°C . Já em seu estado líquido, é armazenado em tanques

de estocagem, podendo ser transportado de algumas formas, dependendo basicamente de qual será o seu destino final. Normalmente, seguem de navio quando o objetivo é o comércio internacional de longa distância. A última etapa ocorre em terminais de regaseificação, onde o gás natural liquefeito é reaquecido em tanques especiais vaporizadores e despachado por fim, novamente na forma gasosa, na rede de transporte ou distribuição, a caminho do consumidor final.

III.2: Precificação

O comércio de gás atual é concentrado em três mercados: América do Norte, Europa, fornecido pela Rússia e África, e Ásia, com uma ligação com o Meio-Oeste. Cada mercado possui, no entanto, um conjunto diferente de preços do gás natural, tendo em vista que cada um possui uma estrutura diferente, resultado do grau de maturidade do mercado, a fonte de oferta, a dependência das importações e outros fatores geopolíticos.

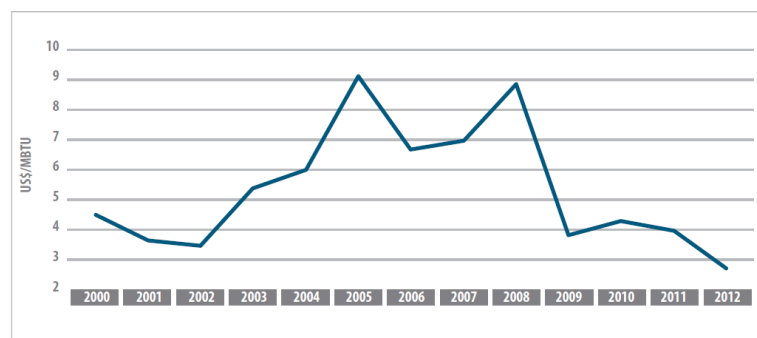
A literatura aponta que o esgotamento do recurso de gás no mundo torna o custo de distribuição mais oneroso e por sua vez a localização toma importante papel na geopolítica mundial. Com isso cresce o poder de monopólio de produtores de gás em algumas regiões. Ademais, o desenvolvimento da tecnologia do GNL poderia tornar o mercado mais integrado, entretanto, a teoria econômica deve ser complementada pela geopolítica e tecnologia. Segundo Yegorov (2009), “a seleção de caminhos de oleodutos ou importações de GNL é relacionada com a geografia, a densidade espacial dos depósitos de gás descobertos e intensidade de consumo em todo o mundo e, além disso, um aspecto importante é representado por restrições políticas.”.

O mercado de gás natural americano é o mais maduro no mundo, sendo estes os pioneiros na liberalização do setor. Tal processo de liberalização resultou em um mercado forte e pela primeira vez a competição passando a determinar o preço do gás no início da década de 1990. (IGU, 2013). Hoje em dia, o mercado de gás nos EUA é considerado o mais competitivo, devido aos seus baixos preços em comparação com o resto do mundo. Cabe salientar que até 2008, os preços do gás natural spot eram convergentes. A partir de então, os preços nos Estados Unidos e no Reino Unido descolaram dos contratos de longo prazo baseados na escalada do petróleo, como Alemanha e Japão, principalmente devido à oferta doméstica. No caso americano, em um ano os preços caíram de \$12/MMBtu para cerca de \$3/MMBtu, segundo Anisie

(2014), e permanecem constantemente baixos, enquanto os preços no Reino Unido começam a aumentar de volta para o nível de preços da Alemanha.

A explicação para a manutenção do baixo nível de preços nos EUA está na oferta doméstica abundante, dada pelo aumento da produção do *shale gas*. Soma-se a isto também, a queda da demanda devido à crise econômica e a restrição à exportação.

Figura 5 - Comportamento dos preços do gás natural nos EUA, de 2000 a 2012 - Henry Hub



Fonte: ANP

O gás natural representa a fonte de energia mais importante na indústria americana, e consome cerca de 40% de toda a oferta. Em uma análise sobre a evolução do setor de gás nos Estados Unidos, Anisie (2014) constata que a demanda por gás natural neste país é altamente elástica em relação aos preços, e avalia se a queda do preço do gás natural contribuiu para o aumento do produto interno bruto. A autora compara a evolução do consumo de gás e do PIB em setores mais intensivos e não intensivos em energia, e conclui que o PIB nos setores mais intensivos em energia cresceu ligeiramente mais rápido que os setores menos intensivos, sendo a indústria química a que apresenta um crescimento excepcional.

No entanto, em 2010 e 2011, o forte crescimento pode ser devido à recuperação da crise do *subprime*, mas como o nível ultrapassa o pré-crise, isto significa que não apenas a demanda local alimentou tal crescimento.

O baixo preço do shale gás e a capacidade ociosa podem ter sido os responsáveis por elevar as exportações, e com isso o PIB do setor, uma vez que se trata de um setor de bens comercializáveis, ou seja, sua competitividade é representada também pelo diferencial de preços com o setor externo.

O indicador que demonstra o montante de energia utilizada por unidade de produto gerado é denominado “intensidade energética”. As indústrias intensivas em energia nos EUA utilizam 50% de gás em relação à matriz energética. Até 2005, a

intensidade energética reduziu-se em função do processo de desindustrialização – grandes companhias manufatureiras foram para outros países com energia mais barata –, além da transferência de indústrias intensivas em energia para menos intensivas, como plástico, computação e transporte. Outro fator se deve ao crescimento do setor de serviços em detrimento da indústria, além dos ganhos de eficiência em todos os setores. (Halpern e Lopp, 2007).

Figura 6 - Matriz Energética americana

United States : 2012											
SUPPLY AND CONSUMPTION	Million tonnes of oil equivalent										
	Coal	Crude oil*	Oil products	Natural gas	Nuclear	Hydro	Geotherm. / Solar / etc.	Biofuels / Waste	Electricity	Heat	Total
Production	495.48	407.37	-	558.78	208.78	23.95	23.33 e	88.79 e	-	-	1806.48
Imports	5.82	483.43	68.29	72.69	-	-	-	5.10	-	-	635.32
Exports	-73.76	-13.86	-134.71	-37.08	-	-	-	-1.03	-	-	-260.44
Intl. marine bunkers	-	-	-15.36	-	-	-	-	-0.05	-	-	-15.41
Intl. aviation bunkers	-	-	-21.34	-	-	-	-	-	-	-	-21.34
Stock changes	-2.51	-4.42	1.93	1.14	-	-	-	-0.14	-	-	-4.00
TPES	425.04	872.51	-101.19	595.53	208.78	23.95	23.33 e	88.60	4.06	-	2140.62
Transfers	-	-48.70	50.65	-	-	-	-	-	-	-	1.95
Statistical differences	-9.60	-0.83	-0.41	-3.86	-	-	-	-0.00	-	0.00	-14.71
Electricity plants	-371.88	-	-5.33	-183.95	-208.78	-23.95	-21.63 e	-14.18 e	339.38	-	-490.32
CHP plants	-10.53	-	-2.15	-43.40	-	-	-	-7.63 e	27.91	11.96	-24.03
Heat plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blast furnaces	-5.33 e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-5.33
Gas works	-1.97	-	-	1.16	-	-	-	-	-	-	-0.81
Coke/pet. fuel/BKB/PB plants	-1.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.92
Oil refineries	-	-820.80	808.74	-	-	-	-	-	-	-	-12.06
Petrochemical plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Liquefaction plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Other transformation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energy industry own use	-1.88	-	-33.33	-68.99	-	-	-	-0.18	-27.73	-3.99 e	-136.11
Losses	-	-	-	-	-	-	-	-23.11	-1.44 e	-	-24.55
TFC	21.93	2.18	716.98	296.50	-	-	1.70	66.40	320.51	6.53	1432.73
INDUSTRY	21.03	-	20.14	101.90	-	-	0.11	27.26	72.75	5.16	248.35
Iron and steel	3.53 e	-	0.48	8.26	-	-	-	4.23	0.19 e	-	16.70
Chemical and petrochemical	3.99	-	2.18	28.19	-	-	-	0.21 e	10.32	3.16 e	48.05
Non-ferrous metals	-	-	0.02	3.47	-	-	-	-	6.05	0.10 e	9.64
Non-metallic minerals	5.32	-	2.02	7.03	-	-	-	0.44 e	2.64	0.00 e	17.46
Transport equipment	0.07	-	0.14	3.48	-	-	-	0.00	4.17	0.12 e	7.99
Machinery	0.11	-	1.01	8.70	-	-	-	0.01	12.30	0.09 e	22.21
Mining and quarrying	-	-	3.59	1.77	-	-	-	0.06	2.79	-	8.20
Food and tobacco	3.45	-	0.32	15.29	-	-	-	0.23	6.63	0.57 e	26.50
Paper, pulp and printing	2.97	-	1.38	8.09	-	-	-	22.33 e	5.53	0.48 e	40.78
Wood and wood products	0.02	-	0.40	0.96	-	-	-	0.59	1.55	0.26 e	3.78
Construction	-	-	7.37	0.35	-	-	-	0.10	4.65	-	12.46
Textile and leather	0.05	-	0.09	0.99	-	-	-	-	1.44	0.15 e	2.73
Non-specified	1.52	-	1.15	15.30	-	-	0.11	3.29	10.46	0.02 e	31.84
TRANSPORT	-	-	553.15	17.61	-	-	-	25.96	0.59	-	597.30
Domestic aviation	-	-	48.10	-	-	-	-	-	-	-	48.10
Road	-	-	482.75	0.70	-	-	-	25.44	0.03	-	508.92
Rail	-	-	11.93	-	-	-	-	0.19	0.56	-	12.68
Pipeline transport	-	-	-	16.91	-	-	-	-	-	-	16.91
Domestic navigation	-	-	10.37	-	-	-	-	0.32	-	-	10.89
Non-specified	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTHER	0.90	-	55.03	163.44	-	-	1.60	13.19	247.17	1.37	482.70
Residential	-	-	27.96	96.43	-	-	1.51	10.16	118.22	-	254.27
Comm. and public services	0.90	-	12.63	65.83	-	-	0.08	2.21	113.95	1.37 e	197.08
Agriculture/forestry	-	-	14.24	1.19	-	-	-	0.82	2.55	-	18.89
Fishing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Non-specified	-	-	-	-	-	-	-	-	12.46	-	12.46
NON-ENERGY USE	-	2.18	88.66	13.55	-	-	-	-	-	-	104.38
in industry/transport/energy	-	2.18	85.94	13.55	-	-	-	-	-	-	101.66
of which: chem./petrochem.	-	2.18	55.37	13.55	-	-	-	-	-	-	71.10
in transport	-	-	2.72	-	-	-	-	-	-	-	2.72
in other	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Electricity and Heat Output											
Elec. generated - TWh	1643.43	-	33.07	1264.55	801.13	278.51	171.18 e	78.90	-	-	4270.77
Electricity plants	1598.97 e	-	21.23	1036.69	801.13	278.51	170.43 e	39.28	-	-	3946.23
CHP plants	44.46 e	-	11.85	227.86	-	-	0.76	39.62	-	-	324.54
Heat generated - PJ	67.69	-	40.06	348.54	-	-	-	44.51	-	-	500.80
CHP plants	67.69 e	-	40.06	348.54	-	-	-	44.51	-	-	500.80
Heat plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Includes crude oil, NGL, refinery feedstocks, additives and other hydrocarbons.

Fonte: IEA

III.3: Riscos Envolvidos e a Questão Ambiental

Assim como há dois séculos na Revolução Industrial, todo ponto de inflexão na história do desenvolvimento dos modos de produção traz consigo uma série de incertezas, quebra de paradigmas, reorientação energética e alguma polêmica. Naquela época, o carvão, hoje um dos maiores inimigos do aquecimento global, era o principal meio de se atingir o progresso. Hoje, inquestionavelmente todos almejam evitá-lo. Da mesma forma, o surgimento de uma nova fonte de energia, principalmente não renovável e fóssil, que promete milagres, por outro lado, traz alguns malefícios, os quais somente serão totalmente desvendados quando o presente se tornar o passado.

Atualmente o *shale gas* figura na posição que fora ocupada pelo carvão há duzentos anos. Apesar de todos os benefícios oferecidos por este, alguns aspectos ainda vêm sendo discutidos amplamente pela sociedade, governo, e empresas americanas, dentre os quais: o incremento da emissão de metano, a tecnologia de *fracking* e sua associação aos riscos geológicos; o desestímulo a outras fontes renováveis mais “limpas”; e os riscos operacionais.

Nesse sentido, este trabalho vai apresentar abaixo alguns pontos que ilustram o principal questionamento dos ambientalistas, acerca do custo *versus* benefício da produção e exploração do *shale gas*:

“Injetar um coquetel químico de composição não revelada em camadas do solo que contem reservas geológicas de água potável acumuladas ao longo de milhões de anos para gerar mais gases de efeito estufa por uns míseros vinte anos é uma ofensa ao bom senso, a sustentabilidade e racionalidade” (GUIMARÃES, 2013)

- O incremento da emissão de metano: já é sabido que o carvão é rico em dióxido de carbono. Contudo, o *shale gas* em sua composição contém um alto nível de metano – maior até mesmo do que na produção de gás convencional – que é um gás de efeito estufa quatro vezes mais nocivo do que o dióxido de carbono. Em cem anos, o metano possui um potencial de aquecimento global (GWP – Global Warming Potential) vinte vezes maior do que o dióxido de carbono. Um estudo publicado na Climatic Change Letters aponta que a “produção de eletricidade com gás de folhelho emite tanto ou mais gases de efeito estufa ao longo de seu ciclo produtivo quanto àquela baseada em gás ou carvão”. Obviamente este estudo foi amplamente criticado pela indústria, mas sem total confirmação até o momento. (BREWER, 2014) Se ao longo dos anos de

fato for comprovado, isto indica que o carvão é menos nocivo ao meio ambiente do que o *shale gas*. Ou seja, no que tange a emissão de gases de efeito estufa, é como se todos os anos de pesquisas e investimentos tivessem culminado praticamente no mesmo lugar.

No caso americano, o gás natural, inclusive o *shale gas*, tem uma aplicabilidade considerável na indústria de produção de energia elétrica, em substituição ao carvão. Mas, uma vez que existe a desconfiança de que a utilização do *shale* em detrimento do carvão nas plantas de energia elétrica é ainda mais emissora de gases de efeito estufa do que o uso do carvão, grande parte da discussão concentra-se aqui. O cerne do problema trata a redução das emissões de dióxido de carbono diretamente proporcional ao aumento das emissões de metano.

Tabela 1- Estimativa de vazamento de metano

Estimate of leakage rate %	Reference gas	Stages included	Location
19	Shale Gas	Well production	US
6.2-11.7 [Mean = 8.95]	Shale Gas	Wells and distribution, not including consumer	Unitah Basin, US
3.6-7.9 [Mean = 5.75]	Shale Gas	Production, transport, storage, distribution	US
1.9	Shale Gas	Well completion	US
0.01	Conventional Gas	Well completion	US
1.7-6.0 [Mean = 3.85]	Conventional Gas	Production, transport, storage, distribution	US
2.25	All Natural Gas	National	US
More than US EPA est.	All Natural Gas	National	
More than US EPA est.	All Natural Gas and Other Sources	National	US and Canada

Fonte: ICTSD

É importante mencionar que o impacto ambiental da liberação do metano a partir da exploração do *shale gas* é uma função do potencial de aquecimento global de cada molécula, combinado ao volume produzido pelo poço. Contudo, o nível de prejuízo de uma zona de exploração não depende somente do nível de emissão do campo. Nesse sentido, um segundo pilar sustenta a briga ambiental.

- A tecnologia de *fracking* e sua associação aos riscos geológicos: conforme já dito anteriormente, a fratura hidráulica tem a água como principal agente⁵, uma vez que a ruptura dos depósitos de folhelho é uma consequência da pressão feita pelo volume desta, combinada a um coquetel de compostos químicos e areia.

Para conseguir quebrar a rocha e liberar o gás não convencional que se encontra ali abrigado, o fluido deve exercer uma pressão de aproximadamente 5.000 *psi*, e para que isso ocorra, são necessários por volta de 1,2 a 3,5 milhões de galões (equivalente a 4.500 e 13.200 m³, respectivamente) de água por poço, com grandes projetos chegando a utilizar até cinco milhões de galões (equivalente a 19.000 m³). Deste modo, estima-se que durante toda a sua vida, um poço pode demandar em média de 11.000 a 30.000 m³ em volume de água.

Embora o consumo excessivo de água corresponda a 99 por cento do fluido, o 1 por cento restante, e a sua ausência de informações à sociedade como um todo, alicerça boa parte da discussão dos danos ambientais e à saúde ocasionados pelo *fracking*. Quase sempre a polêmica está associada à falta de transparência com relação aos compostos químicos que são misturados a água, e, por conseguinte os estragos que podem gerar.

Já que não é possível se obter total certeza acerca dos componentes, muito se especula nesse sentido. Segundo RAHM:

“Pensa-se que as substâncias adicionadas aos fluidos de *fracking* podem incluir cloreto de potássio, goma de guar, etileno glicol, carbonato de sódio, carbonato de potássio, cloreto de sódio, sais de borato, ácido cítrico, glutaraldeído, ácido, um destilado de petróleo, e isopropanol. Estas substâncias são adicionadas por uma variedade de razões. Por exemplo, o ácido ajuda a dissolver minerais e ajuda com o processo de fraturamento criando fissuras na rocha. Sais de borato de mantém a viscosidade do fluido. Outras substâncias que são adicionadas atuam para prevenir a corrosão de tubos, minimizar o atrito entre o tubo e o fluido, e para evitar depósitos de calcário neste”. (RAHM, 2011)

⁵ Estima-se que do total de água utilizada pela indústria do *shale gas*, trabalhos de fraturamento hidráulico consomem em torno de 89 por cento, 10 por cento são consumidos em perfuração, e o 1 por cento restante é utilizado com infraestrutura (Hayes e Severin, 2012).

Acredita-se que esse acúmulo de componentes químicos misturados à água exercendo pressões altíssimas representa um risco diretamente proporcional ao sistema aquífero da região. Caso ocorra algum vazamento de fluido da formação por onde está sendo bombeado, isso acarretaria a contaminação do solo e do lençol freático da região explorada. Por maior que sejam os níveis de segurança e qualidade técnica de produção, esta não é possibilidade completamente descartada. Ou até mesmo na saída da área de produção, que quando feita de forma inapropriada – como o abandono de um poço – potencializa a chance de contaminação no local.

Por exemplo, em 2009, um vazamento de fluido de *fracking* na Pensilvânia, em um aquífero vizinho culminou na matança da vida marinha deste local. O governo puniu a empresa responsável em quase cento e cinquenta mil dólares. Neste mesmo ano, a Pensilvânia viveu outros três casos de vazamentos para um riacho próximo ao campo de produção, totalizando mais de trinta mil litros de fluido vazado (Vaughan e Pursell, 2010).

Além disso, é importante frisar que a quantidade de água utilizada para a fratura é retirada de aquíferos da região o que pode culminar no esgotamento deste. E em função das atividades de exploração e produção do *shale gas*, ocorre também uma menor disponibilidade de água na superfície para atender as necessidades da comunidade e ecossistema local.

Outro ponto levantado pelos ambientalistas argumenta contra o desenvolvimento da indústria do *shale gas* nos Estados Unidos. A observação de alguns casos dá a entender que a agressão causada pelas explosões é capaz de gerar abalos sísmicos que induzem a terremotos, mesmo que de baixa proporção, que na maioria das vezes são imperceptíveis à superfície. E quando provocados são “eventos microsísmicos” com a intenção de mapear a área a ser explorada horizontal e verticalmente. Uma vez que se tenha um amplo conhecimento geológico da área de produção, a utilização desse processo tende a ser reduzida, como é o caso dos Estados Unidos em que existe amplo conhecimento das suas formações geológicas. Com isso, ainda que existente, diante dos demais problemas, não é um grande fator de questionamento.

O que realmente gera bastante repercussão é o tratamento para descarte dos resíduos da exploração, principalmente a água, componentes químicos, metais e hidrocarbonetos que retornam do *fracking* que são de fato um grande problema e devem ser manuseados de forma adequada. Atualmente, a indústria vem buscando evoluir no que tange a melhor forma de descartar/purificar a água poluída, o chamado *flowback*.

Tendo em vista que o *flowback* pode gerar sérios danos à saúde, o processo de purificação torna-se indispensável, inclusive para proteção dos recursos hídricos da região, exigindo caríssimas técnicas de purificação. De acordo com o Office of Research and Development dos Estados Unidos, a água residual pode ser descartada de algumas formas após a purificação, tais como, se permitido reinjeção subterrânea ou eliminação diretamente no solo da superfície. Todo caso, normalmente menos da metade da água utilizada consegue ser recuperada após o processo de purificação.

“O manuseio do *flowback* foi o principal problema que levou a oposição ambiental em Caddo Parish, Louisiana; Clearfield County, Pensilvânia; Dunkard Creek, Pennsylvania; Monongahala River, Pensilvânia; Hopewell Township, Pensilvânia; e Dimock, Pennsylvania” (RAHM, 2011).

Acredita-se que em 2009 na Pensilvânia, águas residuais associadas à produção de gás não convencional deram origem a proliferação excessiva de algas que vivem em água salgada levando a mortandade de 43 milhões de peixes. Fatos como este, têm chamado a atenção para necessidade de maior regulação quando no que tange o descarte da água pós *fracking*.

Os pontos mencionados acima, em conjunto, ou até mesmo quando separados, são os responsáveis por sérios danos a saúde dos moradores das comunidades vizinhas à exploração do gás não convencional. Além disso, de acordo com Vaughan e Pursell, esse tipo de exploração diferencia-se da convencional – além da tecnologia empregada, ameaças à saúde e risco de danos ambientais – na utilização da terra na superfície, uma vez que as atividades de *fracking* produzem mais resíduo (demandando, inclusive, estrutura de purificação deste) e maior consumo de água. Técnicas de perfuração mais antigas utilizam menos água, equipamentos e geram menor quantidade resíduo.

Embora os usuários desta tecnologia argumentem que não há riscos por parte das substâncias envolvidas, dado que supostamente não são tóxicas, estudiosos alegam que, algumas substâncias utilizadas (incluindo querosene, benzeno, formaldeídos, e combustível diesel) são cancerígenas e tóxicas o suficiente para erradicar ao longo prazo o ecossistema em torno da exploração.

Corroborando esses estudiosos, existem hoje nos Estados Unidos em vários estados, diversos casos de comunidades denunciando a poluição do ar e água potável resultante do processo de fratura hidráulica.

“Por exemplo, em junho de 2010, com sede em Houston, a EOG Resources teve uma ruptura de um poço em Clearfield County, Pensilvânia, que descarregou 35.000 litros de fluido de fratura hidráulica em uma floresta do estado. Como resultado, o Estado condenou a empresa a suspender todas as atividades de perfuração de gás até que uma investigação das causas da explosão pudesse ser realizada. Naquele mesmo mês no Texas, amostras de sangue e urina colhidos dos moradores que vivem perto de poços de gás de Barnett Shale revelaram que 65 por cento dos domicílios pesquisados apresentavam tolueno em seus sistemas e outros 53 por cento tinham níveis detectáveis de xileno. Estes produtos químicos foram identificados em todas as amostras de ar em várias ocasiões. A Environmental Protection Agency e a Texas Commission on Environmental Quality estão olhando para emissões atmosféricas provenientes de operações de gás Barnett Shale” (Fowler, 2010).

- Desestímulo a outras fontes renováveis mais “limpas”: relaciona-se basicamente ao medo de que ao longo prazo, a utilização indiscriminada do *shale gas* seja capaz de mitigar os esforços de pesquisa e desenvolvimento que buscam fontes renováveis de energia, por exemplo, energia eólica e solar. Nos Estados Unidos, o aumento da produção do *shale gas* reduzindo o nível de preços do gás natural como um todo e, conseqüentemente a redução de preços da energia elétrica, que tem o gás natural como matéria prima, coloca essas outras fontes renováveis em uma posição de baixa competitividade, assim como limita as ações futuras destas. Segundo BREWER, “o aumento da participação do gás de folhelho e concomitante menor quota de energias renováveis, pode gerar um aumento líquido nas emissões por adiar a implantação de fontes de energia de baixa emissão de carbono”. (BREWER, 2014)

- Riscos operacionais: ainda que em menor proporção, também estão envolvidos riscos de explosões, incêndios, danos aos poços já perfurados, danos aos empregados e poluição sonora.

Ao analisarmos as operações propriamente ditas de um campo de gás natural, por ora acaba sendo negligenciado o período pré-operacional. Porém é importante entender que por trás da megaestrutura de produção do gás (em maior intensidade do *shale gas*) os transtornos já começaram antes da atividade de produção. A escala de operação é enorme e inclui o trânsito de caminhões e equipamentos, cimento, quantidade de energia consumida no processo, instalação de tubulação para receber os operários que ali serão abrigados, e montante de esgoto produzido. Além disso, leve-se ainda em consideração que a produção de *shale gas* é continuada e não para, operando diariamente, o dia inteiro, por cerca de 800 a 2.500 dias de atividade barulhenta.

Em muitos casos a produção de *shale gas* ocorre em áreas relativamente rurais, de menor densidade populacional. Mas este cenário não é definitivo. Recentes descobertas de campos em áreas urbanas implicam na descentralizam das zonas de operação. Na opinião de Vaughan e Pursell, o fato de haver uma migração para áreas menos rurais é um ponto crítico e representa uma nova ruga na indústria do gás não convencional.

Além dos campos de exploração e produção, a construção de novos gasodutos a fim de receber o escoamento dos campos de *shale gas* pode ser um problema, principalmente em áreas bastante povoadas. Por exemplo, no campo de Barnett Shale, no Texas, desde 2010, dos quatorze mil poços perfurados, mil e duzentos localizam-se em regiões urbanas, com redes de alta pressão construídas próximo a áreas residenciais, de modo que a cidade de Fort Worth está se tornando o primeiro campo urbano de produção de gás dos Estados Unidos.

Embora, aparentemente, a população americana esteja historicamente acostumada a conviver bem com as atividades de óleo e gás, uma parte da sociedade considera essa proximidade controversa e arriscada demais. Fatos como a explosão de um antigo oleoduto no Texas em 2009, com força equivalente a de um terremoto de magnitude quatro na escala Richter, em que as chamas foram lançadas mais de sessenta metros, vêm causando grande preocupação quando considerada a destruição que poderia causar caso ocorresse em uma área densamente povoada (Wilder, 2010).

Contudo, mais uma vez é válido frisar que os Estados Unidos convivem com esse tipo de atividade desde o início do século XIX. E que, mesmo com o aumento significativo da produção do *shale gas* e sua alta demanda tecnológica e de infraestrutura, possam parecer gerar um transtorno de maior intensidade ao já

existente, nem de longe pode isto poderia se tornar um impeditivo desse tipo de exploração.

III.4: O posicionamento das Instituições

Diante de tantos pontos negativos é natural questionar qual é, afinal, a posição do governo americano sobre o *boom* da indústria do *shale gas* e os malefícios associados a este efeito. Conforme já mostrado ao longo deste trabalho, indiscutivelmente, a expansão desta indústria gera, por exemplo, desenvolvimento econômico, novos postos de trabalho⁶ e incremento no PIB. Contudo, existe aqui um *trade off* em que os benefícios econômicos devem ser dosados em relação aos prejuízos à saúde e ao meio ambiente. Ou seja, o quanto os Estados Unidos estão dispostos a sacrificar o bem estar das gerações futuras em prol do desenvolvimento de uma nova fonte de energia. Em linhas gerais, o governo americano aparenta estar ainda aprendendo a lidar com os problemas gerados pela exploração do gás não convencional, tendo em vista se tratar, de fato, de uma exploração bastante recente.

Ainda em 1997, quando o país não tinha números representativos de exploração de *shale gas*, operações de fraturamento de *coalbed methane* contaminaram um poço residencial de água potável no Alabama. Depois disso, a corte de apelações americana ordenou pela primeira vez que a EPA⁷ regulasse e entendesse a utilização do fluido de *fracking*, sob sua autoridade associada ao Safe Drinking Water Act⁸ (Sumi, 2005). Em resposta a esta ordem judicial, a EPA realizou um estudo para avaliar o potencial de danos aos recursos de água potável. Embora o resultado desse estudo tenha fornecido um laudo negativo no que tange danos à saúde, é importante frisar que este foi dirigido apenas às aplicações de fratura hidráulica para *coalbed methane*. Esse relatório acabou amplamente criticado e com baixa confiabilidade porque, supostamente, teria sido influenciado pelo governo Bush.

⁶ A consultoria IHS Global Insight estima que a indústria de óleo e gás não convencional seja responsável em 2012, por 1,7 milhão de empregos diretos, indiretos e induzidos, podendo alcançar três milhões em 2020.

⁷ A Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental) é o órgão ambiental federal do governo americano que trabalha em parceria com empresas, universidades e organizações sem fins lucrativos.

⁸ O Safe Drinking Water Act (Lei da Água Potável, em português) é a principal lei federal americana com interesse em garantir água potável para a sociedade. De acordo com o ato, criado na década de setenta, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) é responsável por estabelecer normas para a qualidade da água potável enquanto supervisiona os estados, localidades e fornecedores a aplicarem essas normas.

Segundo Rahm, o relacionamento do governo Bush com a indústria de óleo e gás sempre foi de origem controversa. O autor alega que esta exercera extrema influência sobre a força tarefa que fora criada com o objetivo de recomendar as ações de política energética para a administração Bush. Essa influência teria ocorrido através da participação de executivos de alto escalão das gigantes do setor Exxon Mobil ConocoPhillips. A força tarefa, supostamente, orientou o congresso a isentar a fratura hidráulica do escopo do Safe Drinking Water Act através da criação da lei Nacional de Política Energética de 2005. Ou seja, criou-se uma brecha para as empresas de *fracking* ficarem desobrigadas, por um segredo industrial, a revelar quais produtos químicos compõe o fluído, dificultando, deste modo, o trabalho de monitoramento do governo.

Esse panorama começa a mudar em 2009, com o início da era Obama, e a EPA assumindo uma posição antagônica a que possuía no governo anterior. Nesta época surgiram também dois projetos de lei que resultaram na introdução da legislação, proposta tanto na Câmara (HR 2766) quanto no Senado (S. 1215): The Fractured Responsibility and Awareness of Chemicals Act (FRAC). Este ato pretendia alterar o Safe Drinking Water Act para permitir que a EPA pudesse regular a fratura hidráulica e exigir a divulgação dos componentes químicos. Obviamente, a indústria posicionou-se contra, sob o argumento de que detalhes suficientes já haviam sido divulgados nas fichas de segurança exigidas pela Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Entretanto o assunto não seguiu adiante quando o congresso encerrou a sua sessão sem determinar uma resposta.

Já em 2011, a EPA realizou um estudo sobre a relação entre o fraturamento hidráulico e contaminação de água potável. Neste, a EPA emitiu pedidos de informação voluntária para nove empresas líderes de fraturamento hidráulico, sobre a composição química dos fluídos de *fracking* utilizados, impactos dos fluídos de *fracking* sobre a saúde humana ou para o ambiente, e os locais onde os produtos químicos foram utilizados.

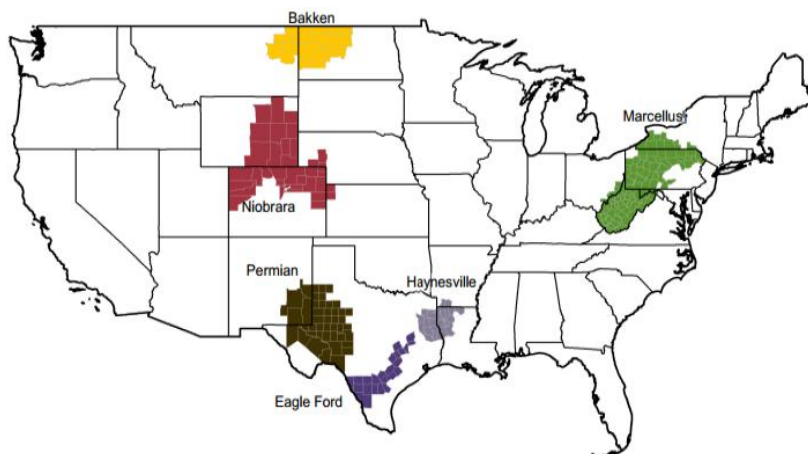
Com isso, é possível observar que inicialmente o governo não estava à frente do problema, elaborando estudos profundos com objetivos preventivos. Na verdade, os esforços, em maior parte, eram envidados em autuar empresas que operassem com alguma irregularidade gerando algum tipo de desconformidade. Por exemplo, em 2010 a EPA puniu uma companhia de gás no Texas no campo de Barnett Shale após a denúncia de moradores próximos à exploração. Estes vinham alegando exaustivamente que a água da torneira das casas estava borbulhante e inflamável. Testes confirmaram que

havia alto nível de metano e benzeno na água representando um risco imediato de explosão ou incêndio, além de ser um agente cancerígeno (Environmental Protection Agency, 2010).

Embora a EPA esteja mais recentemente imbuída em esforços de pesquisa, investigando ativamente os efeitos do fraturamento hidráulico e seus impactos sobre recursos de água potável, e embora esta seja uma instituição governamental, ainda há atualmente pouca supervisão reguladora de âmbito federal de práticas de *fracking*, além das “ordens de colocação em perigo imediato” emitidas pela EPA. Deste modo, a regulamentação que existe cabe principalmente a cada estado que determina qual será a sua conduta. Muitos dos estados envolvidos com o *boom* da indústria já tomam algumas medidas para regulamentar alguns aspectos do fraturamento hidráulico e perfuração horizontal.

Como é o caso de Nova York. Em maio de 2010, uma associação formada por líderes de organizações regionais realizaram reuniões com legisladores do estado motivados pela preocupação com as atividades do campo de Marcellus Shale, o maior dos Estados Unidos, que pudessem colocar em risco a saúde humana, o meio ambiente, associados aos produtos químicos do *fracking*, aos resíduos tóxicos gerados e com relação ao abastecimento de água do estado ser contaminado pelo campo. (Terraplenagem, 2010).

Figura 7 - Principais campos de produção de *shale gas*



Fonte: EIA

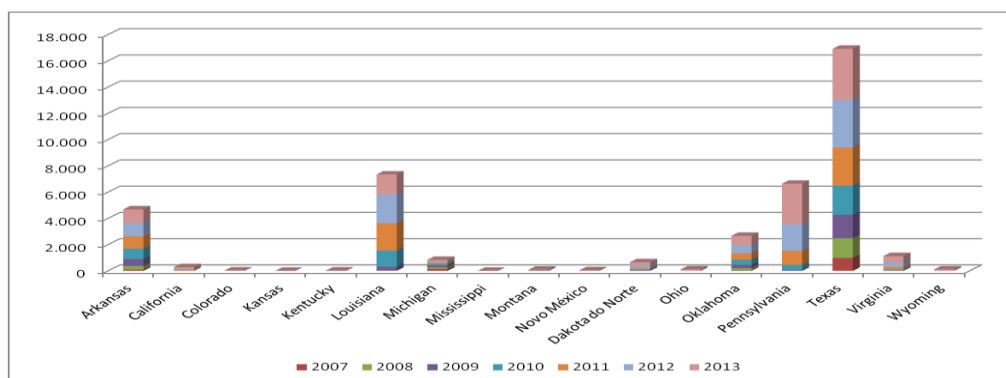
Com isso, a Assembleia Legislativa do Estado de Nova York aprovou em novembro de 2010 uma lei que estabeleceria uma moratória sobre a emissão de novas

licenças para perfuração de fratura hidráulica. No entanto, o governador da época, David Paterson, vetou a lei. No final de 2014, o atual governador Andrew Cuomo decidiu pela proibição da fratura hidráulica. Enquanto os demais estados discutem as melhores diretrizes para a produção, o debate em Nova Iorque gira em torno de permitir ou não as atividades de *fracking*. Naturalmente os grupos ligados ao gás alegam que o estado está privando seus cidadãos dos benefícios econômicos.

Já o estado do Colorado somente requer revelação parcial dos produtos químicos adicionados ao fluídos do *fracking* no caso de uma emergência. Esta divulgação, no entanto, é apenas a médicos e reguladores e não para o público em geral, preservando, assim, segredos comerciais dos perfuradores privados. Eles também obrigam as empresas a manterem um inventário de substâncias químicas e entregarem, se solicitadas, ao Colorado Oil and Gas Conservation Commission.

Já o Texas, primeiro colocado em produção na indústria de óleo e gás parece ir contra o movimento dos demais estados. Enquanto estes vêm se conscientizando da importância de controlar e fiscalizar as atividades de *fracking* na produção de *shale gas* (ainda que não tão eficientes), o Texas segue na direção oposta com uma burocracia reguladora extremamente fragmentada e uma estrutura legal e administrativa bem entrincheirada que promove a extração de petróleo e gás acima de outros interesses. Isto em grande parte se deve a questão cultural do Texas não ter um forte posicionamento de protecionismo ambiental. Além disso, sob a liderança do governador Rick Perry, o Texas tomou uma posição decididamente anti-EPA e anti-regulação federal. Deste modo, não parece coincidência o fato de o estado ser líder em emissão de gases de efeito estufa nos Estados Unidos, e ainda assim se recusar a submeter-se aos regulamentos impostos pela EPA.

Figura 8 - Produção de *shale gas* por estado americano



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do EIA

Ademais, o Texas localiza-se em uma área extremamente árida. Com isto, o uso abundante da água para o *fracking* força mais uma preocupação. Mas os texanos, mais uma vez, parecem não se importar.

“Quando se trata de uso de águas subterrâneas para poços de gás de perfuração ou de petróleo, no Texas, estes organismos reguladores não têm autoridade. (...) Em conjunto, estas disposições e ações constituem um ambiente muito amigável para os produtores de petróleo e gás no estado do Texas. Ao contrário de ações em outros estados e em nível federal para controlar a perfuração horizontal e fratura hidráulica, o Texas permanece praticamente no "Velho Oeste". A fragmentação da burocracia reguladora do Texas, uma disposição anti-regulamentar fundamental das instituições e do Governador, e as estruturas jurídicas e administrativas bem arraigadas que promovem a extração de petróleo e gás acima outras preocupações, fazem do Texas um forte estado pró-perfuração. (...) Quanta água será utilizada, a eliminação de águas residuais e o ritmo das operações de perfuração não estão sob seu controle. O que restará da terra rural que passa para as gerações futuras não é clara. E os moradores urbanos que se encontram inesperadamente vivendo em um campo de gás terá que lidar com o desenvolvimento e produção.” (RAHM, 2011)

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A posição de maior economia global impulsionou os Estados Unidos ao status de maiores consumidores de petróleo e gás do mundo. Porém a oferta de energia interna não acompanhou esse crescimento, pelo menos nos últimos 60 anos, aproximadamente. Diante disto, tornou-se imperativo aos Estados Unidos importar energia para dar continuidade às suas operações.

Vimos neste trabalho que a chamada revolução do *shale gas* considera este o salvador da economia americana. As indústrias química, de metalurgia, de plásticos e de papel e celulose – representam juntas 34 por cento do PIB industrial – experimentam a elevação da sua produtividade ao passo em que o preço do gás (uma das principais matérias primas) despenca. Daí os benefícios correm como num “efeito dominó”, com as empresas de consultoria estimando um incremento no PIB da ordem de 2,5 por cento, e com criação de mais de três milhões de postos de trabalho apenas pela indústria do *shale gas*, até 2020. Soma-se a isso o reposicionamento da conta de transações correntes que, graças ao *shale gas*, já derrubou a fatia de importações de energia de 24 para 17 por cento, reduzindo a dependência americana do resto do mundo. Esse efeito se dá por dois caminhos, queda na importação e potencial aumento de exportações.

O próximo efeito ocasionado pelo incremento da produção do *shale gas* relaciona-se com o “xadrez do comércio global de energia”. Estima-se que haverá uma considerável redução do peso do fornecimento de energia por parte do Oriente Médio, que deverá na sequência, ter seus preços pressionados pelo excedente da produção americana. De acordo com a revista “Foreign Policy”, esse fenômeno já teve início com “a indústria do México [que] está se beneficiando do gás barato americano, enquanto integrantes da OPEP como Argélia e Angola veem queda de 50% nos volumes exportados aos EUA”.

Em meio a tanto euforia, a grande quantidade de riscos vêm alarmando uma parte da sociedade mais preocupada com os efeitos ao longo prazo (e alguns a curto) relacionados ao *fracking*. Este trabalho mostrou que sem essa tecnologia, a produção do *shale gas* não seria possível, e que, portanto, para que se obtenham todos os benefícios mencionados acima, haverá um custo ambiental. De fato, em uma sociedade minimamente moderna não é factível simplesmente desconsiderar uma riqueza como as reservas de gás não convencional. Na verdade, o grande desafio gira em torno de como conseguir conciliar esses dois caminhos divergentes.

Cabe ressaltar que os Estados Unidos não é a única nação rica em reservas de gás não convencional. Apenas a única que até agora conseguiu industrializar do *shale gas*, transformando o seu potencial em realidade. Então seria possível afirmar que os Estados Unidos criaram uma fórmula de sucesso que pode ser estendida aos demais países com vasta reserva de gás não convencional?

Embora ainda não tenhamos o gabarito desta pergunta, sabemos que os americanos possuem vantagens singulares como alta habilidade tecnológica, vasto conhecimento geológico, direitos de propriedade bem definidos, generoso suprimento de água, um forte mercado financeiro, uma extensa malha de gasodutos e os incentivos corretos. Citando Kevin Logan, economista-chefe do HSBC, para os Estados Unidos, “Assim se faz uma revolução”. Atualmente, é difícil imaginar todos esses fatores em comunhão em países como China, Argentina, México e principalmente Brasil.

Ao contrário dos EUA, o setor de gás natural no Brasil é relativamente novo (com início dado pela construção do oleoduto Bolívia-Brasil em 1999), além de apresentar problemas contratuais e ter uma estrutura de monopólio com a Petrobrás, principal agente vertical. Tais fatores levam a uma situação problemática, que somados à falta de infraestrutura e gerenciamento de investimento, visão de curto prazo e preços pouco competitivos, inibem o crescimento do setor. No caso da indústria petroquímica, o elevado preço da energia e das matérias primas representa um grande impedimento ao mercado. Por sua vez, o alto custo de investimento no Brasil – 25 por cento maior que na China – e o sistema subdesenvolvido de transportes, que encarecem o preço final, junto com a carência de P&D formam uma barreira ao setor, que perde competitividade, com o agravante da queda do preço do *shale gas* nos Estados Unidos, que torna mais difícil ao Brasil competir com produtos derivados do gás natural. Outro gargalo se deve ao custo do capital e do trabalho. Tais problemas levaram grandes empresas, como Brasken e Dow Chemical and Mitsui, à decisão de adiar importantes investimentos no setor.

Por fim, nos últimos meses o mercado observou a queda no preço do barril que em janeiro/15 alcançou 60 por cento, com o Brent negociado a US\$ 46,59. Especialistas apontam que se trata de uma resposta da OPEP às crescentes produções de *shale oil* e *shale gas* americanos, através da recusa da Arábia Saudita em reduzir a sua produção, pressionando o preço do petróleo. Ainda não é possível afirmar quais as mudanças estruturais que esta manobra pode causar, contudo já é visível que a conta está sendo paga pela parceira Venezuela, que depende da exportação da commodity.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (EIA), U. E. (2002). *Annual Energy Review*. Washington DC.
- (EIA), U. E. (2014). *Annual Energy Outlook 2014 with projections to 2040*. Washington DC.
- (EIA), U. E. (2014). *Shale Gas Production*.
- ALLEMAN, D. (29 de Março de 2011). Treatment of Shale Gas Produced Water for Discharge. *ALL Consulting*, pp. 1-26.
- ALMEIDA, E. (6 de Junho de 2014). *You Tube*. Fonte: Webnar GEE-IE-UFRJ: <http://www.youtube.com/watch?v=gPzzaCUrG9c>
- ALMEIDA, E. F., & FERRARO, M. C. (2013). *Indústria do Gás Natural - Fundamentos Técnicos e Econômicos*. Rio de Janeiro: Synergia.
- ALMEIDA, E. F., BOMTEMPO, J. V., IOOTTY, M., BICALHO, R. G., & PINTO JR, H. Q. (2007). *Economia da Energia*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- ANP. (2012). *Boletim Anual de Preços 2012: preços do petróleo, gás natural e combustíveis nos mercados nacional e internacional*. Rio de Janeiro.
- BARBOSA, F. (9 de Outubro de 2013). *O Globo*. Fonte: <http://oglobo.globo.com/economia/gas-nao-convencional-nos-eua-muda-mapa-energetico-mundial-10304745>
- BOWLER, T. (17 de Outubro de 2014). *BBC Brasil*. Fonte: http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2014/10/141014_petroleo_perde_ganha_pai
- BREWER, T. L. (Março de 2014). The Shale Gas Revolution - Implications for Sustainable Development and International Trade. *ICTSD*, pp. 1-27.
- Enerdata Global Energy Intelligence*. (2014). Acesso em 18 de Janeiro de 2015, disponível em <https://yearbook.enerdata.net/>
- G1*. (16 de Janeiro de 2015). Fonte: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/01/entenda-queda-do-preco-do-petroleo-e-seus-efeitos.html>
- GUIMARÃES, J. R. (21 de Junho de 2013). *Instituto Ciência Hoje*. Fonte: UOL: <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/terra-em-transe/gas-de-xisto-revolucao-ou-insanidade>
- IEA. (2012). *Energy Balances of OECD Countries*. Paris: OECD/IEA.
- IEA. (2013). *Energy Balances of OECD Countries*. Paris: OECD/IEA.
- IEA. (2014). *Energy Balances of OECD Countries*. Paris: OECD/IEA.

- LAGE, E. S., PROCESSI, L. D., SOUZA, L. D., DORES, P. B., & GALOPPI, P. P. (Março de 2013). Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. *BNDES Setorial*, pp. 33-88.
- LAMUCCI, S. (1 de Julho de 2013). *Outra Política*. Fonte: <https://outrapolitica.wordpress.com/2013/07/01/gas-de-xisto-estimula-economia-dos-eua-e-pode-derrubar-preco-do-petroleo/>
- MARIN, D. C. (3 de Agosto de 2013). *Estadão*. Fonte: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,exploracao-de-gas-de-xisto-nos-estados-unidos-inicia-revolucao-energetica,160917e>
- MARQUES, F. M. (Março de 2014). *Business School São Paulo*. Fonte: Revista BSP: <http://www.revistabsp.com.br/edicao-marco-2014/2014/03/17/gas-de-xisto-complexidade-e-incerteza-uma-questao-delicada/>
- RAHM, D. (11 de Março de 2011). Regulating hydraulic fracturing in shale gas plays: The case of Texas. *Department of Political Science*, pp. 2974-2981.
- RITTNER, D. (14 de Janeiro de 2014). Fonte: Valor Econômico: <http://www.valor.com.br/brasil/3395434/governo-mapeia-rede-de-novos-gasodutos-para-atender-demanda-de-gas>
- SCHEIBE, L. F. (12 de Agosto de 2013). *Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC*. Fonte: https://rgsgsc.files.wordpress.com/2013/08/cfh_aula_inaugural_2013_scheibe.pdf
- SIEMINSKI, A. (2013). *Outlook for shale gas and tight oil development in the U.S.* Washington, DC: American Petroleum Institute.
- SIEMINSKI, A. (2014). *Outlook for U.S. shale oil and gas*. Houston: Argus Americas Crude Summit.
- SILVERSTEIN, K. (17 de Dezembro de 2014). *Forbes*. Fonte: <http://www.forbes.com/sites/kensilverstein/2014/12/17/new-york-decision-to-ban-shale-gas-fracking-contradicts-other-state-policies/>
- SPRINGS, C. (26 de Abril de 2014). *Estadão*. Fonte: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,tecnologia-de-extracao-de-gas-de-xisto-tem-alto-custo-ambiental,183038e>
- TEIXEIRA JR, S. (Novembro de 2011). *Planeta Sustentável*. Fonte: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/era-dourada-gas-natural-ambientalistas-exploracao-reservas-679929.shtml>
- Wharton University of Pennsylvania*. (19 de Setembro de 2012). Fonte: <http://www.knowledgeatwharton.com.br/article/a-revolucao-do-gas-de-xisto-nos-eua-passado-e-futuro/>
- ZAMMERILLI, A. (29 de Maio de 2014). Environmental Impacts of Unconventional Natural Gas Development and Production. *DOE/NETL*, pp. 74-82, 86-88.

ANISIE, A (2014). *Natural Gas Pricing and Competitiveness The impact of natural gas prices upon the industry's*. Tese - Escuela Técnica superior de ingeniería (ICAI). Madrid, Espanha.

IGU. (2013). *Wholesale Gas Price Survey - 2013 Edition*. International Gas Union.

HALPERN, R., & LOPP, S. (2007). *Energy Policy and US Industry Competitiveness*. US Department of Commerce, International Trade Administration, Office of Energy and Environmental Industries.

YURI YEGOROV, F. W. (2009). *International Gas Markets: Economics, Geography & Politics*. 10th IAEE European Conference. Vienna, Austria.

VI. APÊNDICE

Figura 9 - Produção de gás natural seco

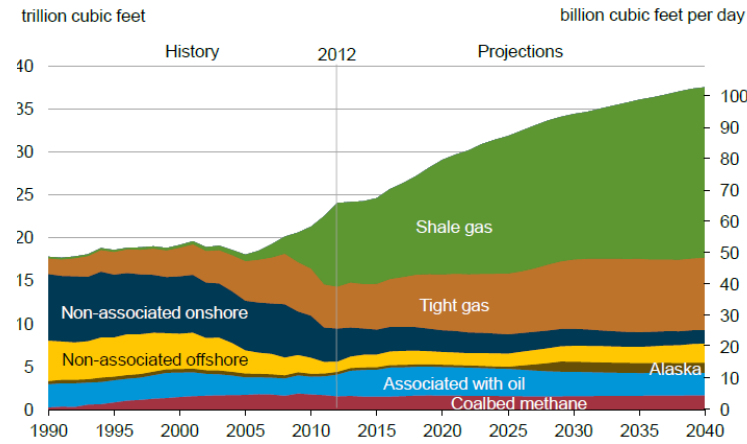


Figura 10 - Consumo de gás natural seco por setor

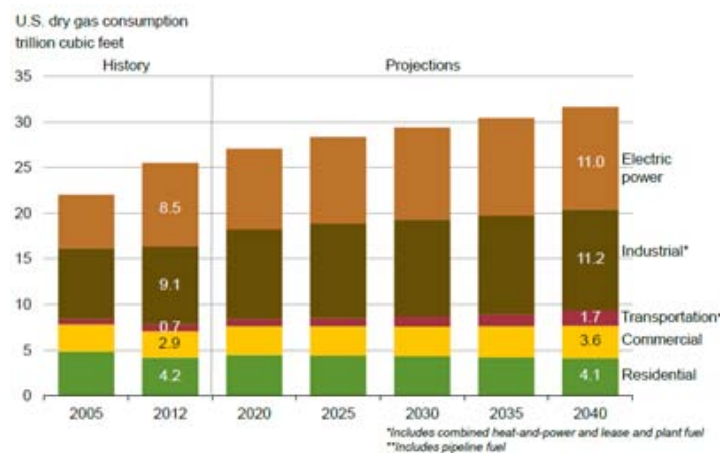
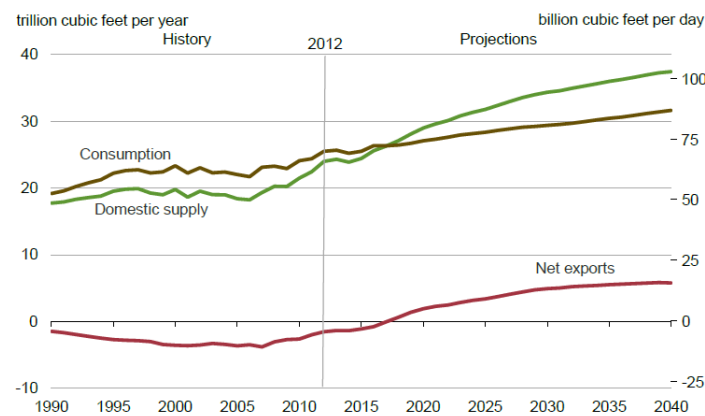


Figura 11 - Relação demanda, oferta interna e importações líquidas



Fonte: EIA